

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7 : G02B 6/34, 6/13	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/54083
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 14. September 2000 (14.09.00)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/00722
(22) Internationales Anmeldedatum: 11. März 2000 (11.03.00)

(30) Prioritätsdaten:
199 11 182.0 12. März 1999 (12.03.99) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): PROFILE
OPTISCHE SYSTEME GMBH [DE/DE]; Gaussstrasse 11,
D-85757 Karlsfeld (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): NOWAK, Walter [DE/DE];
Kaitzer Strasse 121, D-01187 Dresden (DE). PEUPEL-
MANN, Jens [DE/DE]; Bahnhofstrasse 7, D-09599
Freiberg (DE). SAUER, Michael [DE/DE]; Donndorfstrasse
21, D-01217 Dresden (DE). BAUMANN, Ingolf [DE/DE];
Gehestrasse 25, D-01127 Dresden (DE). MEISSNER,
Johann [DE/DE]; Friedensstrasse 24, D-01097 Dresden
(DE). PALME, Dieter [DE/DE]; Abensbergstrasse 47,
D-80993 München (DE). BANDEMER, Adalbert [DE/DE];
Gaussstrasse 11, D-85757 Karlsfeld (DE).

(74) Anwalt: MÜNICH, Wilhelm; Dr. Münich & Kollegen,
Wilhelm-Mayr-Strasse 11, D-80689 München (DE).

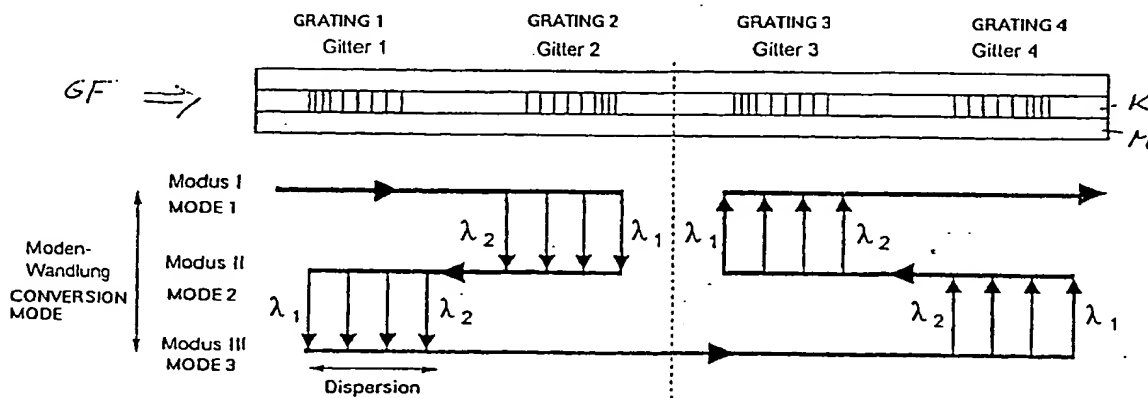
(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE,
CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen
eintreffen.

(54) Title: FIBER TRANSMISSION ELEMENT FOR GENERATING A CHROMATIC DISPERSION

(54) Bezeichnung: FASER-TRANSMISSIONSBAUELEMENT ZUR ERZEUGUNG CHROMATISCHER DISPERSION



(57) Abstract

The invention relates to a transmission element for generating a predeterminable chromatic dispersion comprising: a glass fiber optical waveguide in which not only the LP_{01} basic mode, but also at least one LP_{mn} mode can be executed, and; two pairs of Bragg gratings (grating 1 and 2 or 3 and 4), of which at least one pair has chirped Bragg gratings. The invention provides that in each pair, one Bragg grating reflects the impinging ray of light approximately contrary to the direction of incidence and back to the other Bragg grating from which the ray of light exits in or at least parallel to the original direction of incidence.

(57) Zusammenfassung

Beschrieben wird ein Transmissionsbauelement zur Erzeugung einer vorgebbaren chromatischen Dispersion mit einem Glasfaser-Lichtwellenleiter, in dem nicht nur der LP₀₁-Grundmodus, sondern auch zumindest einer LP_{mn}-Mode führbar ist, und zwei Paaren von Bragg-Gittern (Gitter 1 und 2 bzw. 3 und 4), von denen wenigstens ein Paar gechirpte Bragg-Gitter aufweist, bei dem in jedem Paar das eine Bragg-Gitter den auftreffenden Lichtstrahl in etwa entgegen der Einfallsrichtung zurück auf das andere Bragg-Gitter reflektiert, aus dem der Lichtstrahl in oder zumindest parallel zur ursprünglichen Einfallsrichtung austritt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss den PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland		
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Faser-Transmissionsbauelement zur Erzeugung chromatischer Dispersion

BESCHREIBUNG

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf ein Transmissionsbauelement zur Erzeugung chromatischer Dispersion.

Standardfasern weisen beispielsweise für den Wellenlängenbereich des Erbium-Faserverstärkers, d.h. für Wellenlängen λ um 1550 nm eine anormale Dispersion mit einem Dispersionsparameter $D \approx 17$ ps pro nm Bandbreite und pro km Faserlänge auf. Um diese - störende - Dispersion zu kompensieren, ist der Einsatz von Bauelementen mit entgegengesetzter, d.h. normaler Dispersion (negativer Dispersionsparameter D) geeigneter, der Länge der zu kompensierenden Standardfaser angepaßter Größe erforderlich.

Stand der Technik

Zur Erzeugung einer negativen Dispersion mit einer für die Kompensation der Dispersion von Standardfasern und insbesondere von Glasfasern geeigneten Größe werden bislang in der Praxis Kompensationsfasern eingesetzt. Diese haben den Nachteil, daß sie aufgrund der erforderlichen Länge einen großen Platzbedarf haben und sehr teuer sind.

Aus der DE 35 24 527 A1 ist es bekannt, als Kompensationselemente, die die gewünschte negative Dispersion erzeugen, gechirpte Faser-Bragg-Gitter einzusetzen. „Gechirpt“ bedeutet, daß der Reflexionsort im Faser-Bragg-Gitter wellenlängenabhängig ist, so daß die Laufwege und damit die Laufzeiten wellenlängenabhängig sind; hierdurch erhält man die gewünschte (negative) Dispersion, die beispielsweise die Dispersion einer Standardfaser bestimmter Länge kompensieren kann.

Nachteilig bei dem aus der DE 35 24 527 A1 bekannten Kompensationselement ist, daß das dispersionsbeaufschlagte reflektierte Signal durch einen 3 dB-Faserkoppler oder nach der Beschreibung dieser Druckschrift bevorzugt durch einen Zirkulator abgezweigt wird. Der zusätzliche 3 dB-Faserkoppler hat den gravierenden Nachteil von 6 dB Leistungsverlust optisch, entsprechend 12 dB elektrisch. Der Zirkulator wiederum ist ein teureres Zusatzelement.

Weiterhin haben N.M. Litchinitser et al. in dem Artikel "Fiber Bragg gratings for dispersion compensation in transmission", erschienen in J. Lightwave Technol. 15 (1997) S. 1303 beschrieben, daß die an den Bandgrenzen der in Transmission benutzten Faser-Bragg-Gitter auftretenden Dispersionseffekte dazu ausgenutzt werden können, das Faser-Bragg-Gitter als Zweitor zu verwenden. Dabei sind jedoch gegenüber der Reflexion an gechirpten Gittern nur bescheidene Ergebnisse zu erwarten.

Bekannt ist auch, daß Faser-Bragg-Gitter, die (als die klassische Anwendung) bei einer Wellenlänge die Fasergrundwelle reflektieren, bei anderen Wellenlängen in andere Moden reflektieren. Dieser Effekt wird als kontradirektionale Modenkopplung bezeichnet. Bei entsprechender Dimensionierung liegt eine reflektierende Modenwandlung vor.

In der EP 0 826 990 A1 wird beschrieben, daß die kontradirektionale Modenkopplung in Mantelmoden zur Erzielung von Dämpfungseffekten verwendet werden kann. Weiterhin wird in der EP 0 829 740 A3 vorgeschlagen, die kontradirektionale Modenkopplung in geführte Moden, z.B. in den LP_{11} -Modus, zur Realisierung von Dämpfungselementen mit unterschiedlichen Frequenzcharakteristiken auszunutzen.

Bekannt sind ferner sogenannte langperiodische Fasergitter, die kodirektionale Modenkopplung, d.h. Modenwandlung in Transmissionsrichtung, bewirken. Kodirektionale Kopplung in Mantelmoden wird in der US-PS 5 430 817 und in geführte Moden in der US-PS 5 818 987 jeweils zur Erzielung von Filtereffekten vorgeschlagen.

In dem Vortrag "Dispersion compensation using only fiber Bragg gratings" von P. Petruzzi et al., Optical Fiber Conference (OFC) 1999, Vortrag FA5, S. 14 des Konferenzbandes, wird gezeigt, daß durch drei Gitter, von denen mindestens eines gechirpt ist, statt des reflektierenden Dispersionseintores ein transmittierendes Dispersionszweitor realisiert und so der Zirkulator vermieden werden kann. Hiernach koppelt das zweite Gitter die eingespeiste LP_{01} -Welle unter kontradirektionaler Modenwandlung in einen er-

sten Mantelmodus zurück zum ersten Gitter, wo eine kontradiktionale Modenwandlung (nun wieder in Vorwärtsrichtung) in einen zweiten Mantelmodus erfolgt, der im dritten Gitter kodirektional (es muß sich also um ein langperiodisches Gitter handeln) in die LP_{01} -Grundwelle gekoppelt wird. Es wird offensichtlich eine Standard-Singlemodefaser verwendet.

Ein erster zumindest für die vorliegende experimentelle Ausführung auch angeführter Nachteil ist die geringe Koppeleffizienz zu den Mantelmoden sowie insbesondere auch die Koppeleffizienz zwischen den Mantelmoden. Ein zweiter Nachteil besteht in der Benutzung der zwei Mantelmoden, da diese durch Umgebungseffekte und insbesondere durch Faserkrümmungen viel stärker beeinflußt werden als geführte Moden. Ein weiterer Nachteil ist die Benutzung eines langperiodischen Gitters, dessen Filtercharakteristik nicht so gut beherrschbar ist wie die von Bragg-Gittern und die wesentlich größere Baulängen erfordern.

Auf die vorstehend genannten Druckschriften wird im übrigen zur Erläuterung aller hier nicht explizit erläuterten technischen Ausführungen und/oder Anwendungen ausdrücklich Bezug genommen.

Darstellung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Bauelement anzugeben, das eine bestimmte, vorgebbare normale oder anormale Dispersion bei kleiner Baugröße und geringen Kosten sowie mit möglichst geringen Verlusten erzeugt.

Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist im Patentanspruch 1 angegebenen. Weiterbildungen der Erfindung so-

wie eine Verwendung sind Gegenstand der Ansprüche 2 folgende.

Erfindungsgemäß wird ein Transmissionsbauelement zur Erzeugung einer vorgebbaren (positiven oder negativen) chromatischen Dispersion geschaffen, das beispielsweise dazu geeignet ist, die Dispersion eines Glasfaser-Lichtwellenleiters zu kompensieren. In dem erfindungsgemäßen Bauelement ist nicht nur der LP_{01} -Grundmodus, sondern auch zumindest eine LP_{mn} -Mode führbar. Hierzu weist das erfindungsgemäße Transmissionsbauelement zwei Paare von Bragg-Gittern auf, von denen beispielsweise jedes Paar wenigstens ein gechirptes Bragg-Gitter aufweisen kann. Bei dem erfindungsgemäßen Transmissionsbauelement reflektiert in jedem Paar das eine Bragg-Gitter die einlaufende Strahlung in etwa entgegen der Einfallrichtung zurück auf das andere Bragg-Gitter dieses Paares, von dem der Lichtstrahl in ursprünglichen Richtung der Strahlung oder zumindest parallel dazu läuft.

Insbesondere im Hinblick auf die Herstellkosten ist es besonders bevorzugt, daß die Bragg-Gitter kontradirektional modenkoppelnde Faser-Bragg-Gitter sind, die bevorzugt in dem Glasfaser-Lichtwellenleiter erzeugt sind. Dabei können neben normalen Fasern auch Spezialfasern verwendet werden, in denen nicht nur der LP_{01} -Grundmodus, sondern auch einige weitere Moden geführt werden. Dabei kann die Koppel-effizienz dieser Fasern und die Spreizung der Phasenkoeffizienten durch ein geeignetes Dotierungsmaterial und Dotierungsprofil optimiert werden.

Weist das erste gechirpte Faser-Bragg-Gitter eintrittsseitig die größere Gitterkonstante und austrittsseitig die kleinere Gitterkonstante auf, so steigt die Laufzeitdifferenz mit kürzer werdender Wellenlänge an. Dreht man die Chirprichtung des oder der Gitter um, so steigt die Laufzeitdifferenz mit länger werdender Wellenlänge an. Durch die Wahl der Chirprichtung kann also eingestellt werden, ob das erfindungsgemäße Bauelement normale oder anormale Dispersion eines vor- oder nachgeschalteten Elements und insbesondere einer Übertragungstrecke kompensieren soll. Durch eine geeignete Wahl des Verlaufs des Chirps läßt sich auch ein Übergang von normaler zu anormaler Dispersion erreichen.

Dabei ist es bevorzugt, wenn alle Bragg-Gitter gechirpt sind, und/oder die beiden Gitter jeweils eines Paares unterschiedliche Gitterkonstanten(bereiche) mit insbesondere entgegengesetztem Chirp aufweisen. Gechirpte Gitter zeichnen sich dadurch aus, daß über ihre Länge die Gitterkonstante durch eine vorgegebene Funktion beschrieben wird. Im allgemeinen ist diese Funktion eine monotone, nicht konstante Funktion. Aufgrund der unterschiedlichen Ausbreitungsmodi weisen die Gitter i.a. unterschiedliche Chirpbereiche und damit Gitterkonstantenbereiche auf.

Bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist das Transmissionsbauelement so ausgebildet, daß im zu nutzenden Wellenlängenbereich erst das zweite Gitter des ersten Paares die eingangsseitig eingespeiste LP_{01} -Grundwelle (Modus I) in einen Zwischenmodus (Modus II) kontradirektional moden koppelt, daß das er-

ste Gitter den Zwischenmodus kontradirektional, also wieder in Vorwärtsrichtung, in einen dritten Modus (Modus III) modenkoppelt, daß das vierte Gitter den dritten Modus kontradirektional wieder in den Zwischenmodus (Modus II) modenkoppelt, und daß das dritte Gitter den Zwischenmodus kontradirektional, also wieder in Vorwärtsrichtung, in die LP_{01} -Grundwelle (Modus I) modenkoppelt, die nach Durchgang durch das vierte Gitters infolge des Chirps der Gitter ausgangsseitig dispersionsbeaufschlagt austritt.

Der Aufbau einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann damit wie folgt beschrieben werden:

Es werden Spezialfaser mit zwei Paaren von Faser-Bragg-Gittern benutzt; in jedem Paar erfolgt eine zweimalige unbeeinflusste Transmission der Signalwelle durch Faser-Bragg-Gitter und eine zweimalige Richtungsumkehr durch zweimalige kontradirektionale Modenkopplung. Dafür müssen drei unterschiedliche Moden benutzt werden. Im ersten Gitterpaar erfolgt die Kopplung vom LP_{01} -Grundmodus (erster Modus) über einen Zwischenmodus (zweiter Modus) in einen dritten Modus, im zweiten Gitterpaar vom dritten Modus über z.B. den gleichen Zwischenmodus zurück in die LP_{01} -Grundwelle.

Dimensionierungshinweise werden im anhand der Zeichnung beschriebenen Ausführungsbeispiel gegeben.

Vorteilhafterweise werden in dem mehrmodigen Glasfaser-Lichtwellenleiter die rotationssymmetrischen Moden LP_{02} und LP_{03} benutzt. Es können aber auch nichtrotationssymmetrische Moden, wie der LP_{11} -Modus benutzt werden. Dann sind

die Faser-Bragg-Gitter geringfügig schräg zur Faserachse zu erzeugen. Neben zwei geführten Moden kann auch ein Mantelmodus benutzt werden. Gegenüber dem im zitierten Vortrag von P. Petruzzi et al. gemachten Vorschlag wird die Modenkopplung zwischen Mantelmoden vermieden, so daß eine deutliche größere Koppelleffizienz erhalten wird.

Das erfindungsgemäße Bauelement kann eine Dispersionkompensation über eine große Bandbreite ausführen. Eine große Bandbreite des Bauelements erfordert eine große und möglichst äquidistante Spreizung der Phasenkoeffizienten der zu koppelnden Moden und eventueller Störmoden. Diese liegt z. B. beim parabolischen LWL vor. In dessen Kern nimmt die Brechzahl quadratisch über dem Radius ab.

Die Koppelleffektivität unterschiedlicher Moden in Faser-Bragg-Gittern kann verbessert werden, wenn neben radialen Bereichen mit der üblichen GeO_2 -Dotierung auch Bereiche mit F- und/oder B_2O_3 -Dotierung benutzt werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert, in der zeigt:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Darstellung eines Ausführungsbeispiels

Fig. 1 zeigt eine Faser - insbesondere eine Glasfaser - GF mit einem Kern K und einem Mantel M; im Kern K sind bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel vier Faser-Bragg-Gitter 1 bis 4 erzeugt. Die Gitter 1 und 2 bilden das erste Paar, während die Gitter 3 und 4 das zweite Paar bilden.

Die Faser-Bragg-Gitter eines Paares weisen unterschiedliche Gitterkonstantenbereiche auf und sind bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel mit einem Chirp dargestellt, der bei den Gittern in einem Paar jeweils entgegengesetzt ist. Die Gitter können in bekannter Weise durch Brechungsindexvariation im Grundmaterial der Faser hergestellt werden. Zur Erzeugung des Brechzahlprofils kann beispielsweise die Glasfaser GF mit GeO_2 , F- und/oder B_2O_3 dotiert werden. Alternativ ist auch eine Erzeugung des Brechzahlprofils durch Ionenaustausch oder andere bekannte Verfahren möglich.

Ferner ist im unteren Teil der Zeichnung der Modendurchlauf, d.h. die Modenwandlung zwischen den Moden I, II und III durch die Gitter 1..4 des erfindungsgemäßen Bauelements, d.h. die in den einzelnen Gittern erfolgende Modenwandlung schematisch dargestellt.

Kontradirektionale Modenkopplung erfolgt, wenn zwischen den Phasenkoeffizienten β_1 und β_2 der zu koppelnden Moden und der Gitterperiodenlänge Λ die Beziehung

$$\Lambda = 2\pi / (\beta_1 + \beta_2)$$

gilt. In Fig. 1 passiert die einlaufende LP_{01} -Grundwelle, die sich im Modus I befindet, das Gitter 1 unbeeinflusst, da

$$\Lambda_1 \neq 2\pi / (\beta_1 + \beta_i) \quad i \text{ beliebig}$$

gilt. Sie wird wegen

$$\Lambda_2 = 2\pi / (\beta_1 + \beta_{II})$$

am Gitter 2 als Modus II reflektiert, der am Gitter 1 wegen

$$\Lambda_i = 2\pi / (\beta_{II} + \beta_{III})$$

als Modus III wieder in Vorwärtsrichtung reflektiert wird und das Gitter 2 wegen

$$\Lambda_2 \neq 2\pi / (\beta_{III} + \beta_i) \quad i \text{ beliebig}$$

unbeeinflusst passiert. Im zweiten Gitterpaar von Fig. 1 mit $\Lambda_4 = \Lambda_1$ und $\Lambda_3 = \Lambda_2$, wiederholen sich die beschriebenen Passagen und Modenkopplungen in umgekehrter Reihenfolge und Richtung. Vom Modus III wird in Gitter 4 kontradirektional in den Zwischenmodus II und von diesem in Gitter 3 kontradirektional (wieder in Vorwärtsrichtung) in die LP₀₁-Grundwelle (Modus I) gekoppelt.

Erfolgt ein entgegengesetzter Chirp der Gitter wie in Fig. 1 angedeutet, so erkennt man, daß bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel in allen Gittern für die kürzeste Wellenlänge λ_1 der weiteste, für die längste Wellenlänge λ_2 der kürzeste Weg zurückzulegen ist. Es addiert sich die Wirkung aller Gitter, die Gesamtlänge entspricht etwa der eines konventionellen, reflektierenden Dispersionskompensationsgitters. Da die Gruppenlaufzeit t_g etwa proportional der Weglänge ist, wird $dt_g/d\lambda < 0$. Das bedeutet, es wird eine normale Dispersion erzeugt. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, den Chirp „umzudrehen“, so daß eine anormale Dispersion erzeugt wird.

Vorstehend ist die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens und der allgemeinen Anwendbarkeit beschrieben worden. Selbstverständlich sind die verschiedensten Abwandlungen möglich:

So können anstelle von vier gechirpten Faser-Bragg-Gittern nur zwei gechirpte - beispielsweise im ersten Paar - und zwei ungechirpte Faser-Bragg-Gitter im anderen Paar verwendet werden. Die gechirpten Faser-Bragg-Gitter sorgen für die Weg- und damit die Laufzeitdifferenz, während die ungechirpten Faser-Bragg-Gitter lediglich die Transformation zwischen den verschiedenen Moden bewirken, und/oder zusätzlich eine wellenlängenselektive Filterung durchführen.

Weiterhin können zur Erhöhung der Weg-Unterschiede und damit der Laufzeitdifferenz mehrere erfindungsgemäße Anordnungen hintereinander geschaltet bzw. angeordnet werden.

Gewerbliche Anwendbarkeit

Die erfindungsgemäß ausgebildeten Bauelemente können für alle Anwendungen eingesetzt werden, bei denen die Bereitstellung einer normalen Dispersion einer bestimmten, durch den jeweiligen Anwendungsfall vorgegebenen Größe erforderlich ist. Insbesondere können die erfindungsgemäßen Bauelemente zur Kompensation der anormalen Dispersion von Glasfasern, wie sie beispielsweise für die Datenübertragung genutzt werden, eingesetzt werden. Die Größe der von den erfindungsgemäßen Bauelementen aufgebraachten Dispersion ist dann von der Länge der zu kompensierenden Glasfaserstrecke abhängig.

Die (ungefähre) Größe der Laufzeit-Differenz zwischen den Extremwerten der auftretenden Wellenlängen λ_1 und λ_2 , die die kompensierbare anormale Dispersion bestimmt, wird durch die Ausbildung der einzelnen Faser-Bragg-Gitter in der Faser GF eingestellt. Eine einstellbare Dispersion und damit einer variable Einstellung der Laufzeit-Differenz

und somit der Abgleich auf veränderliche chromatische Dispersionen der anzuschließenden Übertragungsfasern kann durch das Aufbringen von definierten mechanischen Kräften - Zug-, Dehn- und/oder Druckspannungen - und/oder durch die Einstellung bzw. Thermostatisierung der Faser-Bragg-Gitter erfolgen.

PATENTANSPRÜCHE

1. Transmissionsbauelement zur Erzeugung einer vorgebbaren normalen oder anormalen chromatischen Dispersion mit
 - einem Glasfaser-Lichtwellenleiter, in dem nicht nur der LP_{01} -Grundmodus, sondern auch zumindest eine LP_{mn} -Mode führbar ist, und
 - zwei Paaren von Bragg-Gittern (Gitter 1 und 2 bzw. 3 und 4), von denen wenigstens ein Paar gechirpte Bragg-Gitter aufweist,bei dem in jedem Paar das eine Bragg-Gitter den auftreffenden Lichtstrahl in etwa entgegen der Einfallsrichtung zurück auf das andere Bragg-Gitter reflektiert, aus dem der Lichtstrahl in oder zumindest parallel zur ursprünglichen Einfallsrichtung austritt.
2. Transmissionsbauelement nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Bragg-Gitter kontradirektional modenkoppelnde Faser-Bragg-Gitter sind, die insbesondere in dem Glasfaser-Lichtwellenleiter erzeugt sind.
3. Transmissionsbauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß alle Bragg-Gitter gechirpt sind.
4. Transmissionsbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch **gekennzeichnet**, daß die beiden Gitter jeweils eines Paares unterschiedliche Gitterkonstantenbereiche und entgegengesetzten Chirp aufweisen.

5. Transmissionsbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch **gekennzeichnet**, daß im zu nutzenden Wellenlängenbereich erst das zweite Gitter (2) des ersten Paares die eingangsseitig eingespeiste LP_{01} -Grundwelle (Modus I) in einen Zwischenmodus (Modus II) kontradirektional modenkoppelt wird,
daß das erste Gitter (1) den Zwischenmodus kontradirektional, also wieder in Vorwärtsrichtung, in einen dritten Modus (Modus III) modenkoppelt,
daß das vierte Gitter (4) den dritten Modus kontradirektional wieder in den Zwischenmodus (Modus II) modenkoppelt, und
daß das dritte Gitter (3) den Zwischenmodus kontradirektional, also wieder in Vorwärtsrichtung, in die LP_{01} -Grundwelle (Modus I) modenkoppelt, die nach Durchgang durch das vierte Gitters (4) infolge des Chirps der Gitter (1 bis 4) ausgangseitig dispersionsbeaufschlagt austritt.
6. Transmissionsbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch **gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung der Bragg-Gitter im Kern der Glasfaser ein parabolisches Brechzahlprofil vorgesehen ist.
7. Transmissionsbauelement nach Anspruch 6,
dadurch **gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung des

Brechzahlprofils die Glasfaser mit GeO_2 , F- und/oder B_2O_3 dotiert ist.

8. Transmissionsbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die Glasfaser näherungsweise den gleichen Modenfeldradius wie die anzuschließenden Fasern haben.
9. Transmissionsbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die geführten rotationssymmetrischen Moden LP_{01} , LP_{02} und LP_{03} benutzt werden.
10. Transmissionsbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch **gekennzeichnet**, daß auch nichtrotationssymmetrische geführte Moden, namentlich der LP_{11} -modus, benutzt werden, wobei die Bragg-Gitter in der Glasfaser nicht senkrecht, sondern schräg zur Faserachse erzeugt werden.
11. Transmissionsbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch **gekennzeichnet**, daß neben zwei geführten Moden auch ein Mantelmodus benutzt wird.
12. Transmissionsbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch **gekennzeichnet**, daß zur Dispersionskompensation 1. Ordnung die Gitter (1 bis 4) linear ge-

chirpt sind oder zur Dispersionskompensation auch höherer Ordnung eines oder auch mehrere der Gitter (1 bis 4) abweichend von der Linearität gechirpt sind.

13. Transmissionsbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß zur genauen Einstellung der Laufzeitdifferenz zwischen den Extremwerten der verwendeten Wellenlängen definierte mechanische Kräfte auf die Faser aufgebracht und/oder die Temperatur der Faser innerhalb eines bestimmten Temperaturbereiches auf einen geeigneten Wert thermostatisiert wird.
14. Transmissionsbauelement mit erhöhter chromatischer Dispersion,
dadurch gekennzeichnet, daß mehrere der Elemente nach einem der Ansprüche 1 bis 13 in Reihe geschaltet sind.
15. Verwendung eines Transmissionsbauelements nach einem der Ansprüche 1 bis 14 zur Kompensation der Dispersion von Glasfaser-Strecken.

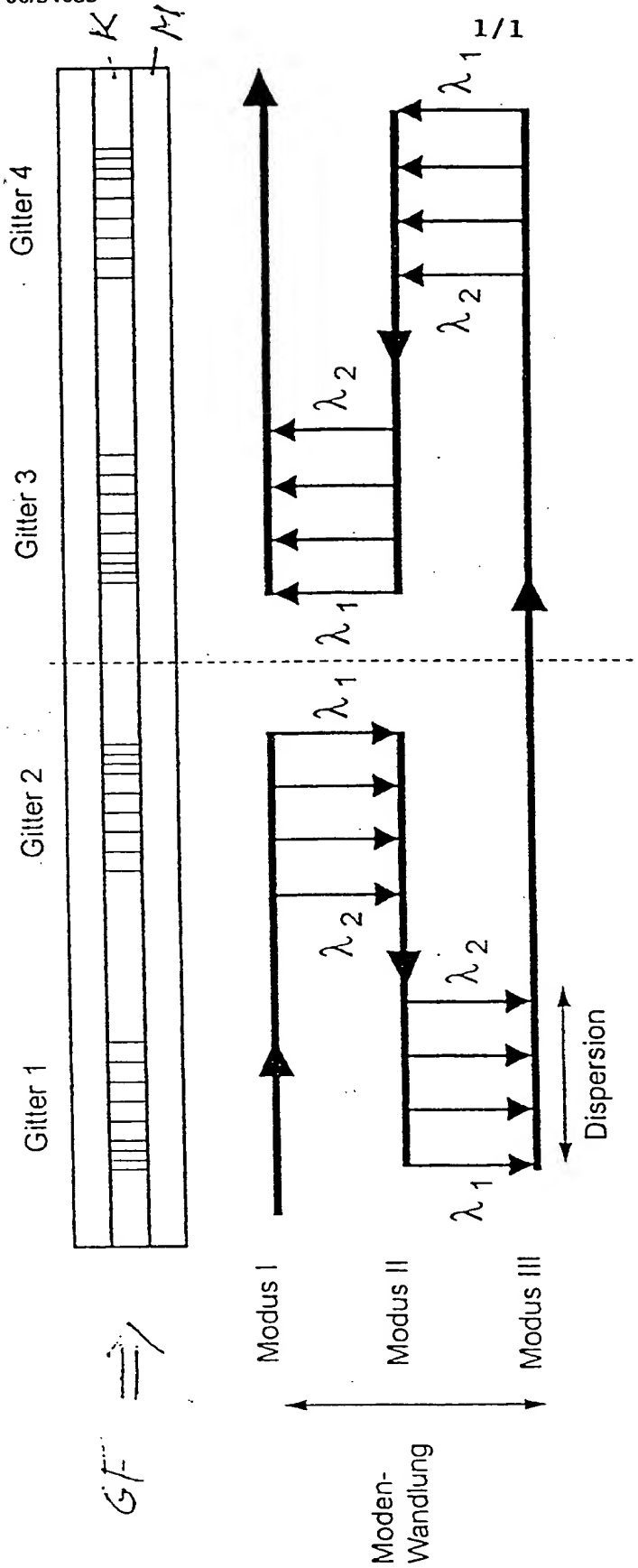


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 00/00722

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02B6/34 G02B6/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HINTON K: "DISPERSION COMPENSATION USING APODIZED BRAGG FIBER GRATINGS IN TRANSMISSION" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, US, IEEE. NEW YORK, vol. 16, no. 12, December 1998 (1998-12), pages 2336-2346, XP000826333 ISSN: 0733-8724 abstract ----- -/-	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

B document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 August 2000

Date of mailing of the international search report

17/08/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Malic, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No
PCT/DE 00/00722

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	LITCHINITSER N M ET AL: "DISPERSION OF CASCADED FIBER GRATINGS IN WDM LIGHTWAVE SYSTEMS" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, US, IEEE. NEW YORK, vol. 16, no. 8, 1 August 1998 (1998-08-01), pages 1523-1529, XP000786588 ISSN: 0733-8724 abstract	1
A	KY N H ET AL: "EFFICIENT BROADBAND INTRACORE GRATING LP01-LP02 MODE CONVERTERS FOR CHROMATIC-DISPERSION COMPENSATION" OPTICS LETTERS, US, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, vol. 23, no. 6, 15 March 1998 (1998-03-15), pages 445-447, XP000753367 ISSN: 0146-9592 abstract	1
A	US 4 953 939 A (EPWORTH RICHARD E) 4 September 1990 (1990-09-04) cited in the application abstract; figures 1-6	1
A	EP 0 826 990 A (ALSTHOM CGE ALCATEL) 4 March 1998 (1998-03-04) cited in the application abstract; figures 1-6	1
A	EP 0 829 740 A (LUCENT TECHNOLOGIES) 18 March 1998 (1998-03-18) cited in the application abstract; figures 1-11	1
A	US 5 430 817 A (VENGSARKAR ASHISH M) 4 July 1995 (1995-07-04) cited in the application abstract	1
A	US 5 818 987 A (GONTHIER FRANÇOIS ET AL) 6 October 1998 (1998-10-06) cited in the application abstract; figures 1-4	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/00722

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4953939	A	04-09-1990	GB 2161612 A	15-01-1986
			DE 3524527 A	16-01-1986
			ES 545070 D	01-01-1987
			ES 8703695 A	01-05-1987
			FR 2567655 A	17-01-1986
			JP 1804571 C	26-11-1993
			JP 5007683 B	29-01-1993
			JP 61038908 A	25-02-1986
EP 0826990	A	04-03-1998	FR 2752950 A	06-03-1998
			CA 2213649 A	02-03-1998
			JP 10090551 A	10-04-1998
			US 5887094 A	23-03-1999
EP 0829740	A	18-03-1998	US 5740292 A	14-04-1998
			AU 720592 B	08-06-2000
			AU 3745397 A	19-03-1998
			JP 10104454 A	24-04-1998
US 5430817	A	04-07-1995	CA 2141899 A,C	01-10-1995
			EP 0675611 A	04-10-1995
			JP 7283786 A	27-10-1995
US 5818987	A	06-10-1998	FR 2745641 A	05-09-1997
			AU 707442 B	08-07-1999
			AU 1498797 A	04-09-1997
			CA 2198768 A	01-09-1997
			EP 0793124 A	03-09-1997
			JP 9329719 A	22-12-1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00722

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G02B6/34 G02B6/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	HINTON K: "DISPERSION COMPENSATION USING APODIZED BRAGG FIBER GRATINGS IN TRANSMISSION" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, US, IEEE. NEW YORK, Bd. 16, Nr. 12, Dezember 1998 (1998-12), Seiten 2336-2346, XP000826333 ISSN: 0733-8724 Zusammenfassung --- -/--	1

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung befreit werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. August 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/08/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Malic, K

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Abkürzungszeichen

PCT/DE 00/00722

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>LITCHINITSER N M ET AL: "DISPERSION OF CASCADED FIBER GRATINGS IN WDM LIGHTWAVE SYSTEMS"</p> <p>JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY,US,IEEE. NEW YORK, Bd. 16, Nr. 8, 1. August 1998 (1998-08-01), Seiten 1523-1529, XP000786588 ISSN: 0733-8724 Zusammenfassung</p>	1
A	<p>KY N H ET AL: "EFFICIENT BROADBAND INTRACORE GRATING LP01-LP02 MODE CONVERTERS FOR CHROMATIC-DISPERSION COMPENSATION"</p> <p>OPTICS LETTERS,US,OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, Bd. 23, Nr. 6, 15. März 1998 (1998-03-15), Seiten 445-447, XP000753367 ISSN: 0146-9592 Zusammenfassung</p>	1
A	<p>US 4 953 939 A (EPWORTH RICHARD E) 4. September 1990 (1990-09-04) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1-6</p>	1
A	<p>EP 0 826 990 A (ALSTHOM CGE ALCATEL) 4. März 1998 (1998-03-04) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1-6</p>	1
A	<p>EP 0 829 740 A (LUCENT TECHNOLOGIES) 18. März 1998 (1998-03-18) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1-11</p>	1
A	<p>US 5 430 817 A (VENGSARKAR ASHISH M) 4. Juli 1995 (1995-07-04) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung</p>	1
A	<p>US 5 818 987 A (GONTHIER FRANÇOIS ET AL) 6. Oktober 1998 (1998-10-06) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1-4</p>	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00722

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4953939 A	04-09-1990	GB 2161612 A	15-01-1986
		DE 3524527 A	16-01-1986
		ES 545070 D	01-01-1987
		ES 8703695 A	01-05-1987
		FR 2567655 A	17-01-1986
		JP 1804571 C	26-11-1993
		JP 5007683 B	29-01-1993
		JP 61038908 A	25-02-1986
EP 0826990 A	04-03-1998	FR 2752950 A	06-03-1998
		CA 2213649 A	02-03-1998
		JP 10090551 A	10-04-1998
		US 5887094 A	23-03-1999
EP 0829740 A	18-03-1998	US 5740292 A	14-04-1998
		AU 720592 B	08-06-2000
		AU 3745397 A	19-03-1998
		JP 10104454 A	24-04-1998
US 5430817 A	04-07-1995	CA 2141899 A,C	01-10-1995
		EP 0675611 A	04-10-1995
		JP 7283786 A	27-10-1995
US 5818987 A	06-10-1998	FR 2745641 A	05-09-1997
		AU 707442 B	08-07-1999
		AU 1498797 A	04-09-1997
		CA 2198768 A	01-09-1997
		EP 0793124 A	03-09-1997
		JP 9329719 A	22-12-1997

THIS PAGE BLANK (USPTO)